

СТРУКТУРНЫЕ ФАКТОРЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗОЛОТО-СУЛЬФИДНОГО ОРУДЕНЕНИЯ НЕРКАЮСКОГО ПРОЯВЛЕНИЯ (ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

С. В. Добросоцкий

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 8 октября 2010 г.

Аннотация. На основе структурного анализа Неркаюского блока выделены разноранговые линейменты, установлена приуроченность золото-сульфидного оруденения к структурам северо-восточного простирания, предложена модель формирования золото-сульфидного оруденения.

Ключевые слова: Приполярный Урал, Неркаюский метаморфический комплекс, линейменты, геохимические аномалии, золото-сульфидное оруденение.

Abstract. On the basis of a diffraction analysis of the Nerkausky block are dedicated various to structures lineaments, confinedness gold-sulphidic mineralizations to patterns of a northeast direction of strata is erected, the model of forming gold-sulphidic mineralizations is tendered.

Key words: Subpolar Ural Mountains, Nerkausky metamorphic complex, lineaments, geochemical anomalies, gold-sulphidic mineralization

Неркаюское рудопроявление приурочено к северной части Неркаюского блока. На востоке и юго-востоке блок ограничен Главным Уральским разломом и поясом базит-ультрабазитовых интрузий, на западе и северо-западе его границей служит зона смятия Эрепшорского разлома глубокого заложения [1]. Характерной особенностью Неркаюского блока является высокий уровень метаморфизма слагающих его пород. Максимум метаморфизма достигает фации дистеновых гнейсов и амфиболитов, метаморфический фон соответствует амфиболитовой фации.

По результатам проведенных поисково-геохимических работ в пределах Неркаюского блока выявлены многочисленные контрастные геохимические аномалии золота во вторичных ореолах рассеяния. Однако первичных ореолов с повышенными концентрациями золота не обнаружено. Поэтому основной задачей работы является изучение структурных особенностей строения Неркаюского блока как фактора рудолокализации.

Положение Неркаюского блока в современной мегаструктуре Урала

Структурно-формационное районирование проводилось на основе формационного анализа, позволившего отобразить положение структурно-вещественных комплексов (СВК) различных палеоструктур в современной структуре Урала. В

широтном разрезе, пересекающем изучаемый район, выделяются мегазоны (с запада на восток): Западно-Уральская, Центральнo-Уральская, Восточно-Уральская и Зауральская (рис. 1). Неркаюский блок выделен в самостоятельную Неркаюскую структурно-формационную подзону, которая приурочена к Центральнo-Уральской мегазоне [2].

Неркаюская структурно-формационная зона представляет собой узкий, вытянутый в северо-восточном направлении тектонический блок, расположенный между нижнеордовикскими осадочно-вулканогенными образованиями на западе и офиолитовым комплексом Восточного склона Урала на востоке.

Неркаюский эклогит-амфиболит-гнейсовый комплекс сложен полиметаморфическими образованиями. Породы многократно дислоцированы и преобразованы последовательно проявившимися метаморфическими процессами. В связи с этим внутренняя структура Неркаюского блока расшифровывается с большим трудом. Фрагменты наиболее ранних структурных элементов устанавливаются только в средней и северной частях комплекса в удалении от его контактов и представлены линейными складками преимущественно субширотного простирания, запрокинутыми на северо-восток. «Неуральский» структурный план метаморфических толщ обнаруживается также при анализе геофизических и аэроспектрометрических материалов и результатов дешифрирования высотных и космических снимков.

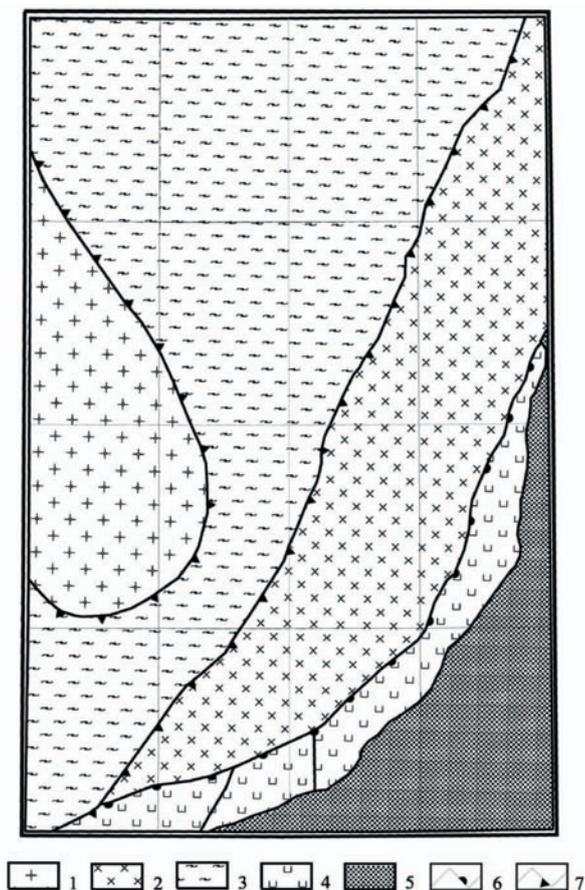


Рис. 1. Схема структурно-формационного районирования листа Q-41-XXVI: 1 – Центрально-Уральская структурно-формационная мегазона (Ляпинская структурно-формационная зона); 2 – Центрально-Уральская структурно-формационная мегазона (Неркаюская структурно-формационная зона); 3 – Западно-Уральская структурно-формационная мегазона (Сакмаро-Лемвинская структурно-формационная зона); 4 – Западно-Тагильская структурно-формационная мегазона (Салатимская структурно-формационная зона); 5 – Зауральская структурно-формационная мегазона (Приполярнозауральская структурно-формационная зона); 6 – зона главного уральского надвига; 7 – границы тектонических блоков (надвиги, зубцы обращены в сторону аллохтона)

В составе неркаюского комплекса наибольшим распространением пользуются плагиогнейсы, амфиболиты и эклогиты. В отдельных частях разреза встречаются гранат-глаукофановые сланцы, кварциты и кристаллические сланцы. Заметную роль в строении метаморфических толщ играют также продукты низкотемпературного изменения перечисленных выше пород.

В обобщенном виде геологический разрез неркаюского комплекса выглядит следующим образом. В его нижней части залегает толща гранат-глаукофановых сланцев и гранат-баррузитовых амфиболитов с прослоями плагиогнейсов и гранатсодержащих кварцитов. Выше залегают переслаивающиеся между собой мезократовые и лейкократовые гранат-слюдяные плагиогнейсы с прослоями кристаллических сланцев, амфиболитов и эклогитов. В верхней части разреза резко возрастает роль кри-

сталлических сланцев и амфиболитов. В целом, разрез метаморфической толщи наращивается с северо-востока на юго-запад [3; 4].

Золото-сульфидное оруденение связано с зонами развития низкотемпературного диафореза, которые контролируются сравнительно локальными тектонически-активными зонами. Это приводит к значительному изменению как структурно-текстурных особенностей, так и минерального состава пород. Чаще всего такие породы представлены «очковыми» плагиогнейсами, в которых «очковые» выделения размером до нескольких сантиметров образуют альбит. Состав пород преимущественно актинолит-хлорит-эпидотовый и хлорит-мусковит-альбит-кварцевый, с содержанием сульфидов до 5–7%. Сульфиды представлены главным образом пиритом и халькопиритом, реже встречается пирротин и пентландит.

Структурные особенности строения Неркаюского комплекса

По результатам дешифрирования космоснимков в пределах Неркаюского комплекса нами были выделены разноранговые линеаменты (рис. 2), которые отображают особенности геологического строения Неркаюского метаморфического комплекса.

Хорошо дешифрируются линеаменты первого порядка, при этом наиболее ярко выраженные из них соответствуют зоне Главного Уральского разлома (ГУР). Западная граница блока хорошо прослеживается по контрастности фототона образований различных блоков.

Самые древние структуры, сформированные на первом этапе метаморфизма или раньше, отражаются на космоснимке как линеаменты второго порядка. Такие структуры дешифрируются в центральной и восточной частях Неркаюского блока как линеаменты субширотного и широтного простирания и, как правило, представляют собой реликты осевых частей складок, которые формировались на раннем этапе покровно-надвиговой структуры. В местах наложения широтных и субширотных линеаментов в обнажениях наблюдаются породы с реликтами первичной полосчатости, ориентировка которой также субширотная. Реликтовый характер и «неуральская» ориентировка

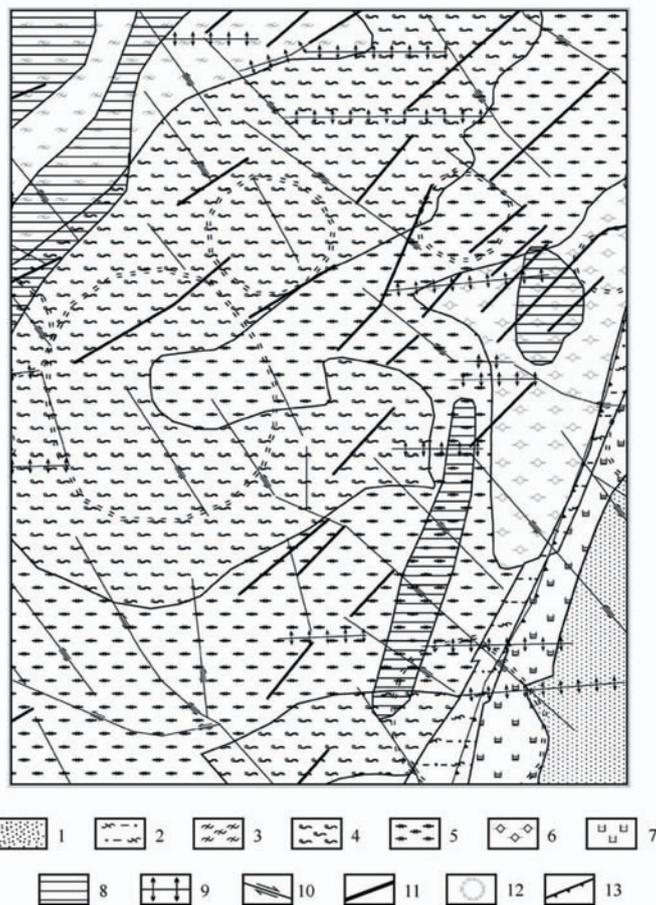


Рис. 2. Схема дешифрируемых линеаментов на геологической основе. Масштаб 1 : 50 000 (Пыстин А. М., 1986): 1 – область развития неоген-четвертичных отложений; 2 – низкотемпературные диафториты по амфиболитам, гранат-глаукофановым породам, эклогитам и гнейсам, редкие прослои кварцитов; 3 – гранат-хлорит-мусковитовые гнейсы; 4 – гранат-хлорит-мусковит-эпидотовые гнейсы. В подчиненном количестве (эпидот)-гранат-хлорит-мусковитовые гнейсы; 5 – гранат-хлорит-мусковит-эпидотовые гнейсы с прослоями амфиболитов, гранат-глаукофановых пород и эклогитов; 6 – гранат-эпидотовые амфиболиты, гранат-глаукофановые породы и эклогиты, переслаивающиеся с эпидот-хлорит-гранат-мусковитовыми гнейсами; 7 – породы Салатимского комплекса; 8 – зоны интенсивного развития диафтореза зеленосланцевой фации; 9 – линеаменты широтного и субширотного простирания; 10 – линеаменты северо-западного простирания; 11 – линеаменты северо-восточного простирания; 12 – кольцевые структуры; 13 – зона Главного Уральского разлома

данных линеаментов позволяет отнести их к наиболее древним структурам.

Ко второй возрастной группе, структурам третьего порядка, отнесены хорошо выраженные линеаменты северо-западного простирания ($315\text{--}335^\circ$), длина которых варьируется в широком диапазоне от нескольких метров до первых километров. Кинематика разломов сдвиговая, амплитуда смещения по ним варьирует в широком диапазоне от 10–20 до 600–800 м. В некоторых случаях структуры северо-западного простирания имеют сквозной характер, т. е. пересекают Неркаюский блок и выходят за его пределы.

Линеаменты северо-восточного простирания, по времени своего формирования являющиеся самыми молодыми, относятся к структурным элементам четвертого порядка. Большинство из них сконцентрировано в восточной части Неркаюского блока. Длина выделенных линеаментов варьирует от 500–700 до 2000–2500 м, по кинематике данные разрывные нарушения относятся к взросо-надвигом с амплитудой смещения, не превышающей 50–100 м. Дешифрируемые структуры северо-восточного простирания связываются с постколлизийным этапом и последующим приспособлением толщ к уральскому простиранию.

Особое место среди дешифрируемых линеаментов занимают кольцевые и овальные. Большинство из них сконцентрировано в центральной части Неркаюского блока. Они образуют цепочку северо-восточного простирания. Диаметр кольцевых структур варьирует в диапазоне от 1 до 2,5 км. Также отмечаются отдельные довольно крупные кольца диаметром до 3,5 км.

Геохимические особенности Неркаюского рудопроявления

Неркаюский блок характеризуется умеренно повышенным содержанием золота в рыхлых отложениях. Его среднее содержание составляет 2,4 мг/т. Суммарная площадь ореолов первого аномального уровня, отрисованных по изоконцентрации 10 мг/т, составляет 12 км², ореолов второго аномального уровня, отрисованных по изоконцентрации 30 мг/т, – 1,2 км². Зафиксированный максимум содержания в рыхлых отложениях составляет 200 мг/т. Отмечается относительно равномерная насыщенность площади протяженными контрастными линейными аномалиями, обеспечивающими высокую фоновую зараженность района золотом. Области развития аномальных ореолов, выделенных по изоконцентрации 30 мг/т, образуют

подковообразную зону, облегающую обширную область концентрации аномалий титана, вольфрама и ванадия в центральной и северо-западной части участка. В пределах проявления хорошо заметна тенденция нарастания контрастности ореолов в восточном направлении, в том же направлении возрастает плотность размещения ореолов и степень их линейности.

Статистический анализ результатов металлометрического опробования (около 10 000 проб) позволил установить положительную корреляционную связь между группами элементов. Выделяются группы элементов сидерофильная (Ti, Mn, Co, V и W) и халькофильная (Cu, Zn, Mo, Pb и Ba).

Установленные корреляционные связи сидерофильной группы элементов для всей площади участка имеют следующий вид: $Ti^{0.65}V^{0.62}Mn^{0.54}Co^{0.5}W$. Геохимические аномалии сидерофильных элементов сосредоточены в центральной и северо-западных частях участка. Корреляционные связи сидерофильной группы элементов по пробам из центральной и северо-западных частей участка (около 3500 проб) характеризуются еще большей положительной связью: $Ti^{0.72}V^{0.69}Mn^{0.62}Co^{0.57}W$. Таким образом, видно, что положительная корреляционная связь для сидерофильных элементов увеличивается для проб из центральной и северо-западных частей участка по сравнению с общими данными по участку.

Для халькофильной группы элементов также устанавливаются положительные корреляционные связи: $Cu^{0.68}Zn^{0.64}Mo^{0.58}Pb^{0.52}Ba$. В восточной части участка отмечается повышенная концентрация контрастных геохимических аномалий халькофильной группы элементов. Корреляционные связи халькофильной группы элементов по пробам из восточной части участка (около 2700 проб) характеризуются еще большей положительной связью: $Cu^{0.78}Zn^{0.75}Mo^{0.72}Pb^{0.67}Ba$. Таким образом, видно, что положительная корреляционная связь для халькофильных элементов увеличивается для проб из восточной части участка по сравнению с общими данными по участку.

В размещении геохимических аномалий сидерофильных и халькофильных элементов наблюдается закономерность: аномалии сидерофильной группы элементов сконцентрированы в северо-западной и центральной частях участка. Восточнее широкое развитие получают аномалии халькофильной группы элементов. При этом повсеместно устанавливается, что контрастные геохимические

аномалии золота на флангах окружены не менее контрастными аномалиями молибдена.

При наложении выделенных при дешифрировании линеаментов на геологическую карту и карту геохимических аномалий золота было установлено, что большинство зон развития измененных пород, несущих золото-сульфидное оруденение, и геохимических аномалий во вторичных ореолах рассеяния контролируются структурами северо-восточного простирания (рис. 3).

Модель рудообразования в пределах Неркаюского блока

Высокотемпературный региональный метаморфизм протерозойских отложений в пределах Неркаюского метаморфического комплекса завершился в доордовикское время, тогда как рудообразующие метасоматические процессы развивались синхронно с герцинскими тектоно-магматическими событиями коллизионного этапа. Следовательно, появление золото-сульфидной минерализации в



Рис. 3. Пространственное распространение контрастных геохимических аномалий золота и линеаментов северо-восточного простирания. Геологическая карта масштаба 1 : 50 000 (Пыстин А. М., 1986): 1 – низкотемпературные диафориты по амфиболитам, гранат-глаукофановым породам, эклогитам и гнейсам, редкие прослои кварцитов; 2 – гранат-хлорит-мусковитовые гнейсы; 3 – гранат-хлорит-мусковит-эпидотовые гнейсы. В подчиненном количестве (эпидот)-гранат-хлорит-мусковитовые гнейсы; 4 – гранат-хлорит-мусковит-эпидотовые гнейсы с прослоями амфиболитов, гранат-глаукофановых пород и эклогитов; 5 – гранат-эпидотовые амфиболиты, гранат-глаукофановые породы и эклогиты, переслаивающиеся с эпидот-хлорит-гранат-мусковитовыми гнейсами; 6 – зоны интенсивного развития диафореза зеленосланцевой фации; 7 – породы Салатимского комплекса; 8 – зоны развития контрастных геохимических аномалий золота (нижняя граница обрисована по изоконцентрате 10 мг/т); 9 – линеаменты северо-восточного простирания

метаморфических образованиях Неркаюского блока связано с развитием процессов палеозойской тектоно-магматической активизации. Локализации золотого оруденения способствовала предшествующая рудогенезу метаморфическая и структурная подготовка пород. После завершения низкотемпературного этапа метаморфизма особую роль начинают играть флюидное перераспределение и концентрация полезных элементов. По имеющимся данным большая часть флюидного потока была сформирована в центральной части Неркаюского блока, где интенсивно проявлена кварцево-жильная минерализация преимущественно с рутилом, а также распространены преимущественно аномалии сидерофильной группы элементов. Из-за слабой подвижности сидерофильных элементов (Ti, V, Co и Mn) они концентрировались в центральной части блока в виде высокотемпературных рудных минералов рутила и магнетита. Температура флюидов была довольно высокая, порядка 350–400 °С. Вследствие миграции на большие расстояния они обогащались летучими и халькофильными элементами. Летучие и легкие элементы, обладающие высокой миграционной способностью, перемещались на большие расстояния и концентрировались на удалении от места зарождения флюидного потока. Этим можно объяснить преобладание геохимических аномалий халькофильной группы элементов. Новообразованные разрывные нарушения северо-восточного простирания представляли собой зоны разгрузки флюидного потока. В таких зонах происходили изменения структурно-текстурных особен-

ностей, минерального состава пород, а также их обогащение золотосодержащими сульфидами.

Выводы

Таким образом, проведенные исследования позволили: 1) при дешифрировании космоснимков выделить ряд разноранговых разрывных нарушений, которые определяют структурный план Неркаюского блока и отражают историю развития; 2) при сопоставлении структурных, геологических и геохимических данных установить, что зоны золото-сульфидной минерализации в метаморфических образованиях Неркаюского блока, которые контролируются структурами северо-восточного простирания и связаны с развитием процессов палеозойской тектоно-магматической активизации; 3) на основе обобщения полученных данных предложить модель формирования золото-сульфидного оруденения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глубинное строение, тектоника, металлогения Урала / В. М. Нечеухин [и др.]. – Свердловск, 1986.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000 (новая серия). Листы Q-40, 41. Объяснительная записка. – СПб., 2001.
3. Иванов В. Н. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Издание второе. Серия Северо-Уральская. Лист Q-41-XXV. Подготовлена к изданию. – Воркута, 2002.
4. Пучков В. Н. Важнейшие черты геологического строения восточного склона Приполярного Урала / В. Н. Пучков, Л. А. Карстен, В. П. Шмелев // Ежегодник 1987: информационные материалы. – Свердловск : УрО РАН СССР, 1988. – С. 75–88.

Воронежский государственный университет
С. В. Добросоцкий, аспирант кафедры общей геологии и геодинамики
geolog-pirat@rambler.ru
Тел. 8 (473) 222-61-18

Voronezh State University
S. V. Dobrosotskiy, post-graduate student. The Geology and Geodynamic Chair
geolog-pirat@rambler.ru
Tel. 8 (473) 222-61-18